

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ

ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра інтелектуальних програмних систем

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра

за спеціальністю

121 Інженерія програмного забезпечення

на тему:

РОЗРОБКА ГРИ ТЕТРІС У 3D З ВИКОРИСТАННЯМ AR-ТЕХНОЛОГІЇ

Виконала:

студентка 4-го курсу
Анастасія КУЗЬМИЧ


(підпис)


Науковий керівник:

доцент, кандидат фізико-математичних наук
Оксана ШКІЛЬНЯК

(підпис)

Засвідчую, що в цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Роботу розглянуто й допущено до захисту на засіданні кафедри інтелектуальних програмних систем

« 25 » _____ травня _____ 2022 р.,

протокол № 10

Завідувач кафедри
Олександр ПРОВОТАР

(підпис)

Київ – 2022

РЕФЕРАТ

Обсяг роботи 35 сторінок, 20 ілюстрацій, 1 таблиці, 12 джерел посилань.

ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК, СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ, МЕТАВСЕСВІТ, ТЕТРІС.

Об'єктом дослідження є процес створення мобільного додатку із використанням технології доповненої реальності.

Предметом дослідження є доповнена реальність для розробки ігор.

Метою роботи є створення додатку, що ілюструє використання технології доповненої реальності та аналіз процесу розробки такого додатку. Інструменти розроблення: безкоштовний, вільно поширюваний рушій Unity 2021.2.11f із використанням мови програмування C#.

Результат роботи: виконано дослідження технології доповненої реальності, проаналізовано її переваги та недоліки, розроблено мобільний додаток «Tetris3D AR», який наочно демонструє використання доповненої реальності.

	3
ЗМІСТ	
РЕФЕРАТ	2
ЗМІСТ	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ	6
1.1 Визначення AR	6
1.2 Порівняння технологій комп'ютерних реальностей	6
1.3 Історія AR	7
1.4 Технічна складова	8
1.5 Програмна частина та вплив технологій на розвиток AR	10
1.6 Типи AR за режимом відстеження	12
1.7 Камери глибини	13
1.8 Застосування AR	17
1.9 Проблема технології AR	18
1.10 Майбутнє AR	19
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ДОДАТКУ	22
2.1 Тетріс у 3D	22
2.2 Огляд наявних рішення	23
2.3 Вибір середовища розробки	24
2.5 Модифікації Тетрісу для 3D	27
2.6 Розробка керування та опис роботи додатка	29
2.8 Тестування додатка	31
2.9 Майбутнє додатку	32
ВИСНОВКИ	33
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	34

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

AR – Augmented reality, Доповнена реальність

VR – Virtual reality, Віртуальна реальність

2D – Двовимірний простір, 2 dimensions

3D – Тривимірний простір, 3 dimensions

UI – User interface, інтерфейс користувача

UX – User Experience, досвід користувача

SDK – Software Development Kit, набір інструментів для розробки

IT – Information technology

NFT – Non-fungible token

ВСТУП

Посилення інтелекту означає ефективне використання ІТ для збільшення можливостей людського інтелекту. Цю ідею ще у 50-х роках 20 століття запропонували перші кібернетики. А зараз її гарно ілюструє технологія Доповненої реальності, яка збільшує можливості людини за допомогою модифікування реального світу. А через початок обговорення теми метавсесвіту, її популярність зростає з кожним роком.

Технології розвиваються дуже стрімко, ще 10 років тому обговорення створення метавсесвіту було чимось на кшталт наукової фантастики. Зараз же всесвітньо відомі гіганти у сфері ІТ розповідають про запуснені програми його розробки.

Прогрес у технологіях та техніці дозволяє робити якісні та різноманітні додатки із AR. Тож якщо є всі шанси на те, що у недалекому майбутньому сфера розробки для AR буде найпопулярнішою темою, то є актуальним її дослідження зараз.

Метою кваліфікаційної роботи є створення мобільного додатку-гри Тетріс у 3D з використанням AR-технології. Для досягнення цієї мети поставлені такі завдання:

- Дослідити технологію доповненої реальності
- Проаналізувати актуальність технології AR
- Обрати інструменти розробки
- Розробити мобільний додаток «Tetris AR»

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Визначення AR

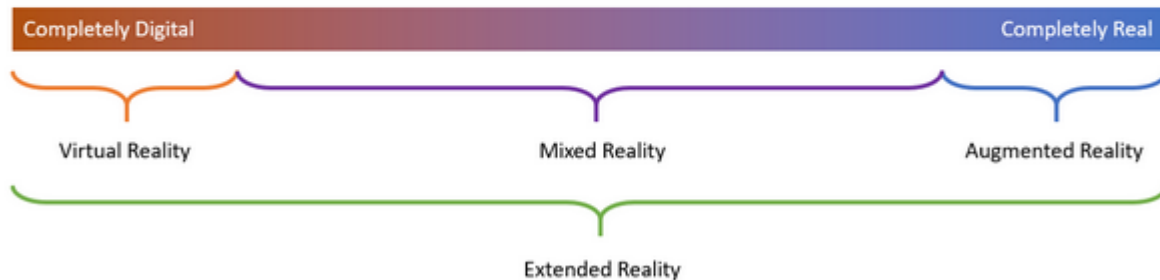
AR (або доповнену реальність) можна визначити як можливість інтерактивного досвіду з реальним середовищем, де об'єкти, що знаходяться в реальному світі, доповнюються та покращуються за допомогою комп'ютерної інформації. Доповнена інформація може породжувати нові елементи, або перетворювати наявні.

Рональд Азума, провідний американський вчений, дослідник технології AR, у своїй роботі «Огляд доповненої реальності», що стала монументальною в області AR, дав визначення критеріям, яким повинна слідувати система, щоб бути доповненою реальністю:

- Комбінувати реальний та віртуальний світ
- Бути інтерактивною у реальному часі
- Мати точну 3D-реєстрацію віртуальних і реальних об'єктів[1]

1.2 Порівняння технологій комп'ютерних реальностей

Щоб краще зрозуміти, що таке AR, порівняємо її із 2 схожими технологіями Віртуальна та Міксована реальність.



1.1 Наявне порівняння технологій

VR, або віртуальна реальність, – це цифрове середовище, з яким користувачі можуть взаємодіяти за допомогою спеціальних пристроїв, таких як окуляри віртуальної реальності та контролери. Не дивлячись на те, що такі пристрої, як

Oculus Rift, спочатку були розроблені для сфери розваг, вони також використовуються у професійній діяльності.

Головна різниця полягає в тому, що у VR сприйняття реальності користувачами повністю базується на цифровій інформації, на відміну від AR, де користувачеві надається лише додаткова інформація, згенерована за даними, зібраними з реальності, що покращує їх сприйняття.

Наприклад, в архітектурі: VR можна використовувати для створення наскрізного моделювання нової будівлі, щоб кожен деталь можна було роздивитися зі зручним керуванням; а AR можна використовувати для показу структур і систем будівлі, накладених на реальне життя, для кращого розуміння ідеї та проєкту ззовні.

Міксована реальність, або MR, – це наступний крок для технології AR, до якого зараз людство і прагне. Ідея полягає у тому, що для користувача це така сама доповнена реальність, але з можливістю маніпулювати та взаємодіяти з віртуальними об'єктами. Наприклад, за допомогою пристрою у MR можна проєктувати віртуальну клавіатуру на стіл, взаємодіючи з якою користувач може друкувати.

Ключова відмінність між Міксованою реальністю та Доповненою реальністю полягає в здатності користувача взаємодіяти з цифровими об'єктами. Наприклад, механік, який має пристрій та AR програму, може переглядати голографічне зображення двигуна, але не може практично розібрати його.

1.3 Історія AR

Для будь-якого дослідження технології треба розуміти як вона розвивалась, тож розглянемо історію AR.

Найпершим застосуванням доповненої реальності були індикатори на лобовому склі (HUD), про які ми далі згадаємо, що використовувалися у військових літаках і танках. Розвиток швидких комп'ютерних процесорів зробив можливим поєднання таких зображень даних з відео в реальному часі. Серед найперших прикладів цього типу доповненої реальності були жовті смуги, накладені на

телевізійні зображення американських футбольних полів і віртуальні траєкторії польоту під час трансляції матчу у мережі Fox Broadcasting Company в середині 1990-х років, які були додані, щоб допомогти телеглядачам відстежувати гру.

1.4 Технічна складова

Для того, щоб AR працював, необхідне певне технічне обладнання та програмне забезпечення.

У загальному випадку, без уточнення цілі використання технології, обов'язково потрібен пристрій відтворення інформації користувачу та зчитування зображення реального світу.

Оглянемо пристрої для надання зображення користувачу:

Наголовний дисплей

Являє собою конструкцію, що надівається на голову, забезпечену відеоекраном та акустичною системою. Саме так уявляв майбутнє AR ще у 1965 році Айван Сазерленд, так званий Батько AR, коли презентував світу свою розробку “Дамоклів меч”, що отримала свою назву через важку конструкцію.[2]



1.2 “Дамоклів меч” - перший AR-шолом

Зараз же такі пристрої набагато зручніші та мобільніші. Їх, зокрема, використовують більше для VR додатків, наприклад, усім відомі Oculus Rift або Sony PlayStation VR.



1.3 Vr Oculus Quest 2

Також сюди можна віднести й окуляри доповненої реальності Magic Leap та Google Glass, які почали розвиватися у 2010-х роках і зараз тільки покращуються.

Індикатори на лобовому склі (також head-up display)

Пристрій призначений для зображення символічної та графічної інформації на лобовому склі. Застосовується в автомобілях та літальних апаратах. Його використання дозволяє значно знизити ймовірність інформаційного перевантаження пілота, змушеного стежити одночасно як за навколишнім простором, так і за показниками численних приладів одночасно.

Також, це може бути звичайний проєктор, який по суті своїй доповнює реальність, отже створене ним зображення підходить під концепцію.

Мобільні пристрої

Планшети та смартфони будуть найпопулярнішими пристроями особливо для пересічного користувача

Інші необхідні пристрої

Ми розглянули ряд пристроїв, які у суті своїй різняться саме для користувача. Тепер подивимося детальніше на те, що потрібно для існування AR. Ми вже згадали про пристрої вводу, тож потрібно мати одну чи декілька камер. Використовуються

так звані камери глибини, про які буде йтися нижче. Також часто використовуються датчики, такі як акселерометр, GPS, цифровий компас тощо. Окрім того, що програма може взаємодіяти з ними напряму, вони також допомагають більш точно зчитувати або взаємодіяти з інформацією.

Але як згадувалось вище, для цього також потрібна програма. Про це і йтиметься у наступному розділі.

1.5 Програмна частина та вплив технологій на розвиток AR

Програмне забезпечення має отримувати координати реального світу незалежно від камери та зображень із неї. Цей процес називається реєстрацією зображень і використовує різні методи комп'ютерного зору.

Метод комп'ютерного зору

Зазвичай ці методи складаються із двох частин. Перший етап полягає у виявленні точок інтересу, координатних міток або оптичного потоку на зображеннях з камери. На цьому етапі можуть використовуватися методи виявлення ознак, такі як виявлення кутів(який враховує контраст між сусідніми пікселями на зображенні), виявлення плям, визначення порога, а також інші способи обробки зображень. Наприклад, кути, краплі або T-подібні з'єднання зазвичай є хорошими кандидатами, для того, щоб бути ключовими ознаками.

Другий етап відновлює систему координат реального світу з даних, отриманих у першому етапі.

SLAM (одночасна локалізація і картографування)

Але якщо частина сцени невідома, то постає питання, як це зробити. Для цього використовуються SLAM (simultaneous localization and mapping, одночасна локалізація і картографування) – метод обчислення задачі побудови й оновлення карти невідомого оточення з одночасним фіксуванням місцеположення користувача, що сканує простір рухаючись у ньому. SLAM використовується також у безпілотних автомобілях для розуміння їхнього місцеположення. Описати роботу методу можна

так. Наприклад, необхідно в кожен момент часу знати своє розташування, щоб малювати на екрані тільки те, куди дивиться користувач, а також сканувати навколишній простір для розуміння, де потрібно встановити цифровий об'єкт, складаючи таким чином карту місцевості. Карта будується поступово, під час проходження нових областей. Основним джерелом інформації про місце розташування роботи є одометрія, отримана тим чи іншим чином. Під час створення карти починаємо зіставлення з уже створеною. Якщо поточні показники одометрії не відповідають збереженій карті, відбувається її корекція.[3]

Також цей алгоритм поділяють по підходах для представлення карт. Зазвичай у компаній, які розробляють додатки із доповненою реальністю, заявляють про власний алгоритм.

Нейронні мережі

Також не можна не згадати технологію нейронних мереж. Бо технологія розпізнавання об'єктів, за допомогою навченої нейронної мережі дуже часто використовується у AR додатках. Наприклад, додаток, що допомагає проводити пожежну інспекцію, який на основі зображення приміщення дає результат у реальному часі та виділяє помилки.

Можна ще згадати технологію ray casting, яку використовують для визначення перетину з поверхнею, тобто для позиціонування цифрової моделі. Цей метод полягає у тому, що надсилається промінь, та фіксується перший піксель, який заважає подальшому просуванню.

Криптовалюти

Розвиток криптовалют та NFT також сприяє розвитку AR, бо за допомогою доповненої реальності людина може побачити свою NFT покупку у нібито реальному житті.

Щоб забезпечити швидку розробку програм AR, були випущені деякі програми, такі як Lens Studio від Snapchat та Spark AR від Facebook, а також SDK від Apple та Google, ARKit та ARCore, відповідно.

1.6 Типи AR за режимом відстеження

У AR визначають різницю між двома режимами відстеження, відомими як маркерний і безмаркерний.

1.6.1 На основі маркерів

Для цього типу нам потрібні маркери – чіткі шаблони, які розпізнаються та обробляються камерою після розпізнавання за допомогою певного програмного забезпечення. Вони можуть бути як 2D, так і 3D об'єктами, тобто QR кодом, або ж, приміром, якимось деревом. Після цього AR активується.

1.6.2 AR без використання маркерів

Цей тип також називається миттєвим відстеженням. Його також можна поділити ще на кілька підтипів, а саме

а) На основі локації та геолокації

У цьому випадку так званим маркером виступає локація користувача, AR моделі ніби прив'язується до певного місця й усе це працює шляхом зчитування даних з камери пристрою, GPS, компасу та акселерометра, передбачаючи надання інформації тільки про те, на що дивиться користувач у певний час

б) AR, що проєктується

Ще так званий просторовий AR, він надає додаткову інформацію нерухомим об'єктам. Наприклад, коли світло проєктується на поверхню користувач може дотиком до неї змінювати проєкцію. Для цього нам потрібен проєктор та камера для зчитування взаємодії людини із простором. Цей тип може бути використаним для створення ілюзій щодо глибини, положення та орієнтації об'єкта.[4]

в) AR на основі накладання

Це часткова або повна заміна оригінального зображення об'єкта у його доповненому зображенні. Для цього потрібен надійний спосіб розпізнавання об'єктів. Зараз це найпопулярніший тип AR через розповсюдженість масок та фільтрів у соцмережах.

г) На основі власноруч визначених маркерів

В основному це програми для розв'язання щоденних проблем, у яких користувачу потрібно самому визначити маркери й на основі цього отримати інформацію. Наприклад, додаток із лінійкою, де необхідно вказати початок і кінець.

1.7 Камери глибини

Ми вже згадували камери глибини, коли розглядали необхідні для AR пристрої. Два відомих варіанти використання камер глибини в AR сьогодні – це сканування навколишнього середовища або жестів користувача.

Хоча камери глибини (камери з можливістю захоплення тривимірних об'єктів) існують вже багато десятиліть, широкую популярність технологія отримала у 2010 році з появою Microsoft Kinect як аксесуара для XBOX 360. На жаль, застосування Kinect було обмеженим через те, що розробники не бачили сенсу інтегрувати таку технологію у свої ігри, що й призвело до припинення виробництва. Але потім почали з'являтися смартфони з двома камерами, Apple інтегрували камеру глибини у передню панель для розблокування пристрою (Face Id).

Вимоги до камер глибини для мобільних пристроїв

Оскільки зараз найдоступнішим AR пристроєм є саме смартфон, розглянемо камери, що можуть використовуватися у мобільних пристроях. Для використання у смартфонах потрібно, щоб камера глибини відповідати певним вимогам:

а) Камера має бути невеликою за розміром, щоб її можна було розмістити у пристрою невеликого розміру.

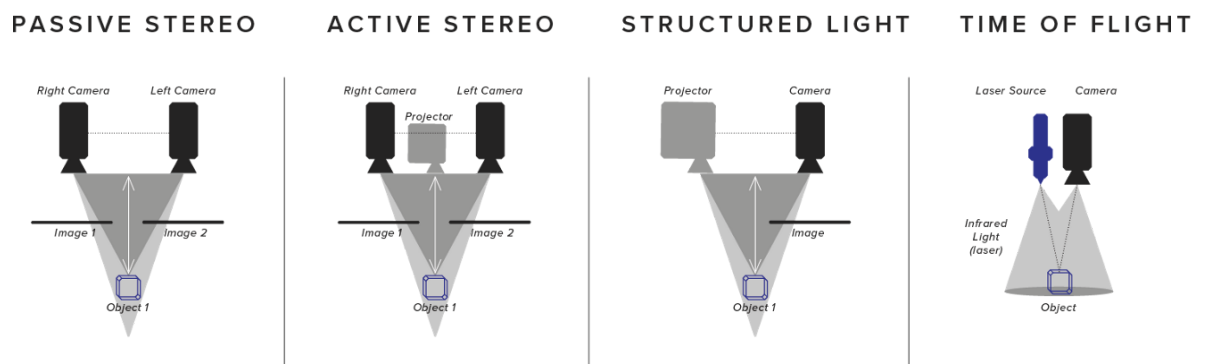
б) Камера глибини повинна споживати невелику кількість енергії, щось нижче 500 мВт, для уникнення перегріву пристрою. Та не повинна вимагати складної обробки вихідних даних, бо це також призводить до великого споживання енергії.

в) Повинна бути настільки продуктивною, наскільки потрібно для її використання.

г) Вартість повинна бути така, щоб пристрій був доступним для кінцевого користувача.

Для сканування навколишнього середовища камера глибини повинна мати великий діапазон сканування, від 60 см до 5 метрів. А ось для розпізнавання жестів користувача вона має бачити на відстані витягнутої руки, отже, в діапазоні від 20 до 100 см. Узагальнюючи, потрібно охопити діапазон від 20 см до 5 метрів, у відношенні 1:25. На жаль, такий широкий діапазон є проблематичним для більшості сучасних камер глибини. На щастя, ці два діапазони зазвичай не повинні підтримуватися одночасно. Також існує проблема із калібруванням. Як і будь-який датчик, камери глибини повинні бути відкалібровані, щоб вони працювали належним чином. Мобільні пристрої, як правило, активно переміщуються, бо вони завжди в руках користувача, тож якість калібрування з роками може погіршуватися.

Наразі є декілька видів камер глибини, які можна поділити на ті, що використовують стереозображення та ті, що вимірюють час польоту променя, тож розглянемо їх.

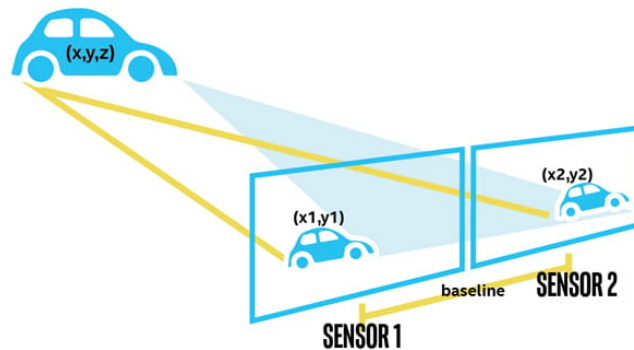


1.4 Камери глибини

Пасивне та активне стерео, або Passive and Active Stereo

Ці 2 технології можна розглядати разом через те, що вони обидві працюють на основі стереозображення, тобто глибина оцінюється з двох різних точок зору, щоб їх можна було триангулювати. Яка між ними різниця? Пасивне має таку назву, тому що його виміри базуються тільки на отриманій інформації, не випромінюючи ніяких променів. Але у випадку, коли поверхня не має текстури, як-от звичайна біла стіна, цей тип розпізнавання може бути проблематичним, оскільки стереозображення стають неоднозначними. Цю проблему можна виправити проєктуючи випадковий

патерн на навколишнє середовище, так що навіть безтекстурні поверхні можна порівнювати між собою. Це і називають активним стерео.



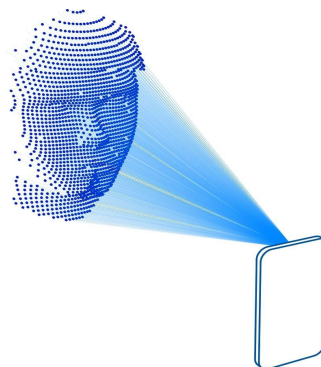
1.5 Принцип роботи стереокамер

У активного стерео є перевага: воно може просто відключити проєктор і перетворитися у пасивне, бо, наприклад, у відкритому просторі пасивне стерео працює краще, тому що там рідше зустрічається нетекстурована поверхня.

Такий тип камер глибини наразі у більшості смартфонів.

Структуроване світло, або Structured light

Основна відмінність у тому, що використовується лише одна камера, а роль іншої виконує сам проєктор. По суті, це активне стерео з використанням однієї камери, та проєктування не випадкового, а певного структурованого патерну.



1.6 Принцип роботи камер структурованого світла

Випромінювання лежать в інфрачервоному спектрі, тож з міркувань безпеки їх потужність обмежують при проєктуванні на меншу відстань.

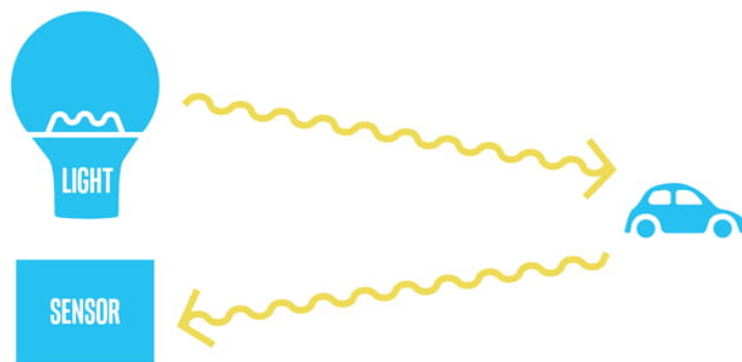
Цей датчик виявився досить стійким до різних умов освітлення.

Саме таку камеру використовує технологія Face ID.

Перевагою цих методів, заснованих на стереосистемах, є те, що вони мають досить хорошу роздільну здатність, тобто якщо потрібно ідентифікувати маленькі об'єкти, то вони це роблять успішно. Але є і недоліки, такі камери страждають від тіней: якщо сканується об'єкт на маленькій відстані, то ми маємо зображення буквально з двох сторін, а оскільки карта глибини розраховується з точки зору лише однієї камери, то дані можуть бути неточні.

Камери часу польоту, також Time of Flight (ToF)

Камери ToF вимірюють відстань до об'єкта, тобто часовий зсув між сигналом, надісланим випромінювачем, та тим, як він повернеться до датчика. Випромінюється інфрачервоне світло, яке є невидимим для користувачів і мало залежить від освітлення. Більшість камер ToF, що використовуються сьогодні в AR, вимірюють не час польоту сигналу, а його фазовий зсув, який отримується шляхом модуляції.



1.7 Принцип роботи камер часу польоту променю

Для цього потрібно мінімум чотири вимірювання модульованого інфрачервоного сигналу, які поєднуються на кожному пікселі для обчислення фази в цьому пікселі, за допомогою якої можна оцінити відстань.[5]

Такі камери підтримують розпізнавання на будь-якій відстані, змінюючи режими.

LiDAR, один із різновиду камер ToF

Не можна не згадати LiDAR камеру яка була розроблена ще у 60-х роках 20 століття, проте довгий час вважалася «занадто громіздкою» і «занадто дорогою» для мобільних пристроїв. Тож для звичайного користувача вона стала відомою, тільки коли компанія Apple додала її у свій смартфон. LiDAR посилає лазерні імпульси на поверхню або об'єкт, іноді до 150 000 в секунду. Сканер LiDAR може точно визначити та обчислити точну відстань до об'єктів на відстані до 5 метрів, і це із наносекундною швидкістю. За допомогою LiDAR розробники додатків можуть створити більш точну карту глибини, що забезпечує краще та швидше сканування.[6]

1.8 Застосування AR

Доповнена реальність знайшла своє місце у багатьох сферах людського життя, бо вона значно полегшує та покращує виконання багатьох задач.

У військовій сфері AR наразі використовуються для дисплея на лобовому склі чи у шоломі солдатів.

У сфері освіти це дає можливість глибше зануритися у предмет навчання. Підручники та інші навчальні матеріали можуть містити вбудовані «маркери», які при скануванні дають учню додаткову інформацію у мультимедійному форматі. Також учні можуть побачити історичні події та місця нібито у реальному часі, а також речі, які ти не можеш зустріти у повсякденному житті. Наприклад, є додаток, що інтегрований у пошук Google, який дозволяє побачити шукану тобою тварину.

Для медиків з'являється можливість накласти цифрове зображення для більшого розуміння проблем людини.[7]

Медіасфера часто використовує AR, навіть коли глядач цього не помічає, наприклад, візуалізація погоди була одним із перших застосувань доповненої реальності на телебаченні. Також, як згадувалось раніше, AR використовують у спортивних подіях, як для зручнішого перегляду, так і для показу реклами.

Також AR використовують для покращення концертних і театральних вистав.

Для архітекторів та урбаністів, це допомагає уявити та оцінити майбутні проекти.

Також AR допомагає при навігації, наприклад, як інтерактивна карта.

З AR з'явилась можливість розглянути 3D-модель своєї можливої покупки у реальному житті. У 2018 році Shopify, канадська компанія електронної комерції, оголосила про інтеграцію AR Quick Look. Продавці можуть завантажувати 3D-моделі своїх продуктів, а користувачі матимуть змогу їх переглядати в AR. Крім того, такі компанії, як Bodumetrics, встановлюють роздягальні в універмагах, які роблять сканування всього тіла, що дозволяє споживачам переглядати речі на собі без необхідності фізично переодягатися. Технологія AR також використовується продавцями меблів, такими як ІКЕА. Саме їх додаток згадується як приклад дуже якісного використання AR у рекламі. Такий підхід застосовують багато компаній одягу та взуття, наприклад у додатку Nike ти можеш приміряти кросівки прямо у себе в дома.

Сфер застосування у цієї технології зараз дуже багато, а у майбутньому. В результаті розробки та розповсюдження метавсесвіту, буде ще більше.

У сфері розваг AR дуже розвивається. Широку популярність AR ігри набули після випуску у 2016 році гри Pokémon Go, яка стала хітом року.

1.9 Проблема технології AR

Відсутність перевірених бізнес-моделей

Всупереч тому, що технологія розвивається, і ідей, пов'язаних із нею, дуже багато, все ж більшість AR додатків швидко забуваються. Загалом тому, що більшість з них роблять те, що можна було б зручно робити й без цієї технології.

Можливість фізичної шкоди

Багато людей вважають що AR може відвертати від реального світу і потенційно спричинити небезпечну ситуацію. Наприклад, тут можна згадати як, всі

новини про людей, які поранились під час гри в Pokemon Go, у той час підняли дискусію навколо цього.

Складність UX дизайну

Через те, що ми можемо одночасно взаємодіяти й із 2D екраном смартфона, і з 3D розташуванням цифрової моделі, розробити зручний користувацький інтерфейс постає нелегкою задачею.

1.10 Майбутнє AR

На цю мить доповнена реальність все ж ще є досить новою технологією, але очікується, що світовий ринок AR зростатиме в найближчі роки з прогнозованою ринковою капіталізацією близько 300 мільярдів доларів до 2024 року.[8]

Багато брендів працюють над рішеннями AR для своїх клієнтів. А дві важливіші компанії IT сфери – Apple та Meta – хочуть розробляти та поглиблюватись у MR, а отже й в AR.

Наприклад, Apple розробляє пристрій AR/VR. Спочатку дату виробництва перенесли з 2020 на 2022 рік, але чутки свідчать про те, що вони завершили його ключові виробничі випробування. Також після додання в iPhone камери Lidar можливості для розробників стали набагато ширшими. Як стверджують самі Apple, LiDAR дозволяє пристроям створювати дуже реалістичні додатки.

Meta (колишній Facebook) представила нам цілісну концепцію свого метавсесвіту.

Метавсесвіт

Спочатку треба зрозуміти, що таке метавсесвіт.

Метавсесвіт — це цифровий простір, який користувачі можуть використовувати для створення власної реальності. AR дає змогу надати вашому оточенню додатковий вимір. Використовуючи зображення, звуки, тексти, об'єкти ви можете збагатити місце, в якому ви перебуваєте. Важливо, щоб ці елементи були представлені просторово, щоб впливати на ваше сприйняття глибини.

За словами Марка Цукерберга, – “Метавсесвіт — це тип «втільеного Інтернету»”. Наймовірніше, розвиток метавсесвіту розпочнеться, коли на споживчі ринки від великих виробників з’являться перші повністю функціональні окуляри AR.

Плюси та мінуси метавсесвіту

Метавсесвіт буде виходом для людей з обмеженими можливостями. Він робить географічні бар’єри неактуальними. Коли ви перебуваєте у віртуальному світі, ваше фізичне місцеперебування більше не має значення. Для людей зі страхом спілкування чи прогулянок це буде гарною можливістю для соціалізації без якоїсь тривоги.

Реклама може ще більше розвинути. Бо ви можете бачити продукт, тримати його і навіть відчувати за допомогою тактильних технологій, розробка яких також активно ведеться. Такий тип взаємодії буде корисним як для споживача, так і для бізнесу, оскільки обидві сторони отримають кращий користувацький досвід.

Не можна ігнорувати, як навчання та освіта змінилися під час пандемії Covid, оскільки понад 90% студентів не змогли продовжити навчання, і людству, та зокрема Україні, довелося шукати способи відновити навчання. Саме тоді онлайн-навчання стало новою нормою, використовуючи такі платформи, як Zoom. Завдяки метавсесвіту навчання стане доступнішим, ніж будь-коли. Люди з усього світу зможуть обмінюватися інформацією та навчатися разом у режимі реального часу в практичному освітньому середовищі. На додаток до цього, оскільки ми маємо повний контроль над тим, що бачать учні всередині метавсесвіту, передача ідей та концепцій буде легше за допомогою візуального навчання.

Поширення криптовалют, бо безумовно вона ідеально підходить до метавсесвіту. А NFT набуде ще більшого сенсу, адже тоді тримання якогось NFT файлу напряму пов’язане із реальністю, у якій живуть люди.

Разом з тим для багатьох це усе виглядає як мінуси метавсесвіту.

Люди, які занадто сильно переймуться метавсесвітом, можуть втратити своє життя у реальності. Бо такі випадки є і зараз, але з соціальними мережами, чи

відеоіграми. Також може бути проблема із соціальними зв'язками у реальності, які все ж є обов'язковими для існування людини.

А вплив реклами на людину буде ще більшим, це узагалі дуже обговорювальна у культурі тема.

Конфіденційність та кіберзлочинність

Через те, що уся інформація знаходиться в інтернеті, то цілком можливі варіанти злочинних дій щодо особистої інформації та людини у цілому.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ДОДАТКУ

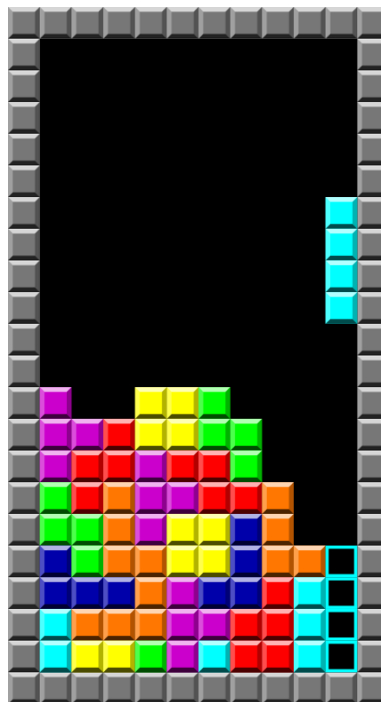
2.1 Тетріс у 3D

Для дослідження технології був обраний шлях створення проекту з її використанням.

Було вирішено модернізувати усім знайому гру Тетріс, щоб показати її з іншого боку.

Тетріс – це відеогра-головоломка, створена у 1984 році, яка є найбільш продаваною франшизою у світі (до грудня 2021 року було продано більш як 200 млн копій).[9]

Правила Тетрісу знайомі ймовірно усім, але повторимо. Фігури, всього їх сім, створені із 4 кубів (так звані тетраміни). Вони з'являються у випадковому порядку. Ціль гравця – заповнити нижню лінію, що складається з 10 блоків якомога більше разів, до того ж не вилізти за верхню межу. Також можна прискорювати фігуру, якщо вже вирішено, куди вона повинна впасти.



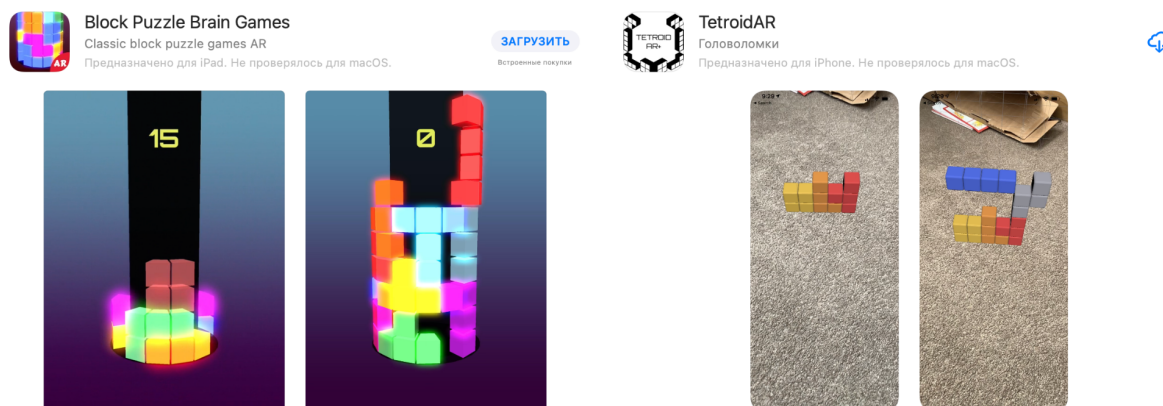
2.1 Приклад гри Тетріс

Наразі існує дуже багато варіацій Тетрісу із різними режимами гри, де можна змагатися з іншими людьми, або ж зовсім з іншими фігурами, такими як пентаміно (фігурка з п'яти елементів), або ж з трикутниками. Вона реалізована на усіх відомих платформах, тож це є гарним варіантом для реалізації в AR, бо вона відома, тобто правила зрозумілі, і якщо є попит на модифікації, то це робить додаток в AR цікавішим для користувача.

Але для того, щоб ще більше інтегрувати гравця в AR, буде зроблено Тетріс у 3D просторі, щоб заповнювалась не стіна, а буквально блок.

2.2 Огляд наявних рішень

На цей момент, процес пошуку додатка 3D AR Tetris у найпопулярніших магазинах для мобільних пристроїв не дав результатів. У App Store є декілька рішень, але у після їх розгляду стає зрозуміло, що Тетріс у них реалізований у псевдотривимірному просторі, тобто це насправді куби, але вони складаються у двовимірному просторі, тобто у поле із шириною одиниця.



2.2 Приклад наявних додатків у App Store

Що ж стосується просто 3D Tetris, то такі додатки є, але в них окрім керування тетрамінами, потрібно ще керувати кутом зору, що для Тетріса не дуже зручно, бо гра досить динамічна. На відміну від цього, в AR користувач може ніби реально подивитися із тієї сторони й боку, які йому потрібні

2.3 Вибір середовища розробки

Для початку розробки потрібно обрати інструменти для цього, так званий рушій. На цей час є два популярні рушії з широкою функціональністю і чудовими можливостями для розробки, а саме Unreal Engine та Unity Game Engine.

Існує безліч всесвітньо відомих ігор, створених за допомогою Unity, таких як Pokemon Go, Angry Birds Epic, Assassin's Creed: Identity, Battlestar Galactica Online, Kerbal Space Program, Wasteland 2 тощо. До популярних ігор від Unreal належать Mortal Kombat X, Batman: Arkham. City, BioShock Infinite, Enslaved: Odyssey to the West, Gears of War 3, Mass Effect 2 тощо. Тож за допомогою Unity або Unreal можна створити практично що завгодно. Тож для вибору порівнюємо ці дві програми за декількома факторами:

Рендеринг

Як лідери ринку, обидва рушії забезпечують високу якість і швидкість рендерингу в реальному часі. Unreal дає одразу графіку високої якості, тоді як в Unity вам потрібно налаштувати до такого ефекту. Але це має двосторонній ефект, бо якщо створювати додаток для мобільних пристроїв за допомогою Unreal, потрібно буде зменшити графіку для мобільної оптимізації. Також для AR додатку потреба в оптимізації переважає якість графіки, тому налаштування за замовчуванням Unity є більш придатними.

Підтримка платформ

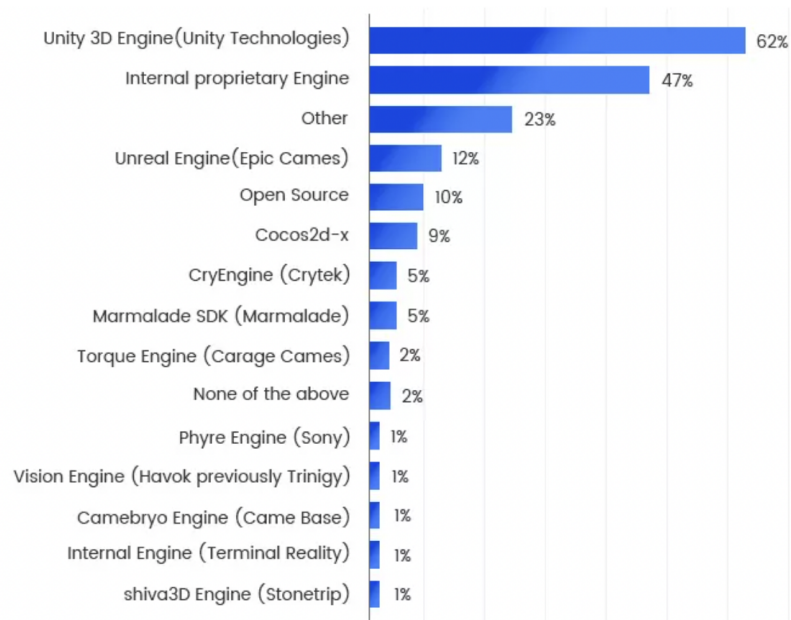
Обидва рушії дозволяють розробляти міжплатформові додатки, підтримуючи Windows, Mac, Linux, Android, iOS, PS і Xbox та інші.

Мова розробки

В Unity використовується мова C# яка є більш дружньою до розробника, ніж C++, що використовується в Unreal. Однак Unreal підтримує зручний варіант візуальної розробки, тож його частіше використовують люди без досвіду програмування.

Підтримка та користувачі

Розберемося, який із рушіїв має більшу підтримку розробників, адже це дуже важливий фактор, бо так знайти відповідь на своє питання значно легше. Близько 62% розробників ігор віддають перевагу Unity, це ми бачимо по статистиці використання рушіїв на сайті Statista



2.3 Статистика використання рушіїв

Також Stack Overflow проводили опитування про те, яку платформу люди хочуть використовувати у майбутньому, в результаті із 71 828 осіб, опитаних минулого року Stack Overflow: 12 793 виявили інтерес до Unity, а 5154 обрали Unreal. Тож з цього боку Unity більш популярний інструмент.

Переважна більшість студій, які наймають розробників AR, використовують Unity. Існує безліч причин, чому це відбувається, але назвемо лише дві:

Функції та додатки для AR швидше з'являються в Unity ніж в Unreal, як-от функція відстеження рухів рук від Oculus Quest – гарнітури віртуальної реальності, розробленої Oculus, та випущеної у 2019 році. Unity можна схарактеризувати як ігровий рушій для розробників. Порівнюючи це з Unreal, який можна вважати першим ігровим рушієм для художників, через саме просунуту здатність до

візуального програмування, то багато користувачів не зможуть допомогти при проблемах із програмуванням.[10]

Висновок

Отже, після розглянутих факторів, можна прийти до висновку, що Unity для AR розробки підходить краще.

AR Foundation

Ще до 2019 року, окрім того, щоб обрати рушій, розробник мав додатково зробити вибір, яку SDK використовувати. Тобто, якщо розробник хоче, щоб його додаток працював і на Apple, і на Android, то потрібно робити дві версії програми із відповідною SDK. Але у 2019 році Unity випустив уніфікований фреймворк AR Foundation, який поєднав у собі два цих інструменти. Тож тепер можна обрати просто його, і не думати про це. Якщо, звичайно, у програмі не залучений якийсь інструмент, який просто не підтримується на вибраному пристрої.

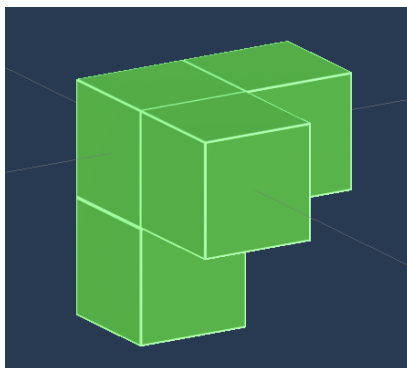
	ARCore	ARKit	Magic Leap	HoloLens
Device tracking	✓	✓	✓	✓
Plane tracking	✓	✓	✓	
Point clouds	✓	✓		
Anchors	✓	✓	✓	✓
Light estimation	✓	✓		
Environment probes	✓	✓		
Face tracking	✓	✓		
2D Image tracking	✓	✓	✓	
3D Object tracking		✓		
Meshing		✓	✓	✓
2D & 3D body tracking		✓		
Collaborative participants		✓		
Human segmentation		✓		
Raycast	✓	✓	✓	
Pass-through video	✓	✓		
Session management	✓	✓	✓	✓
Occlusion	✓	✓		

2.4 Підтримка функцій для кожної платформи у фреймворку AR Foundation

Це можна побачити у таблиці, яку нам представляє документація AR Foundation. В ній також можна звернути увагу, що фреймворк підтримує також Magic Leap та HoloLens.[11]

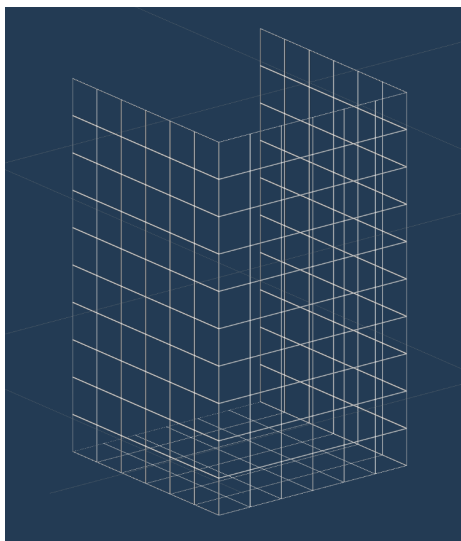
2.5 Модифікації Тетрісу для 3D

Фігури будуть створені, як і в оригінальному Тетрісі з 4 блоків. Але буде одна додаткова фігура, яка і різнить 2D та 3D Тетріс.



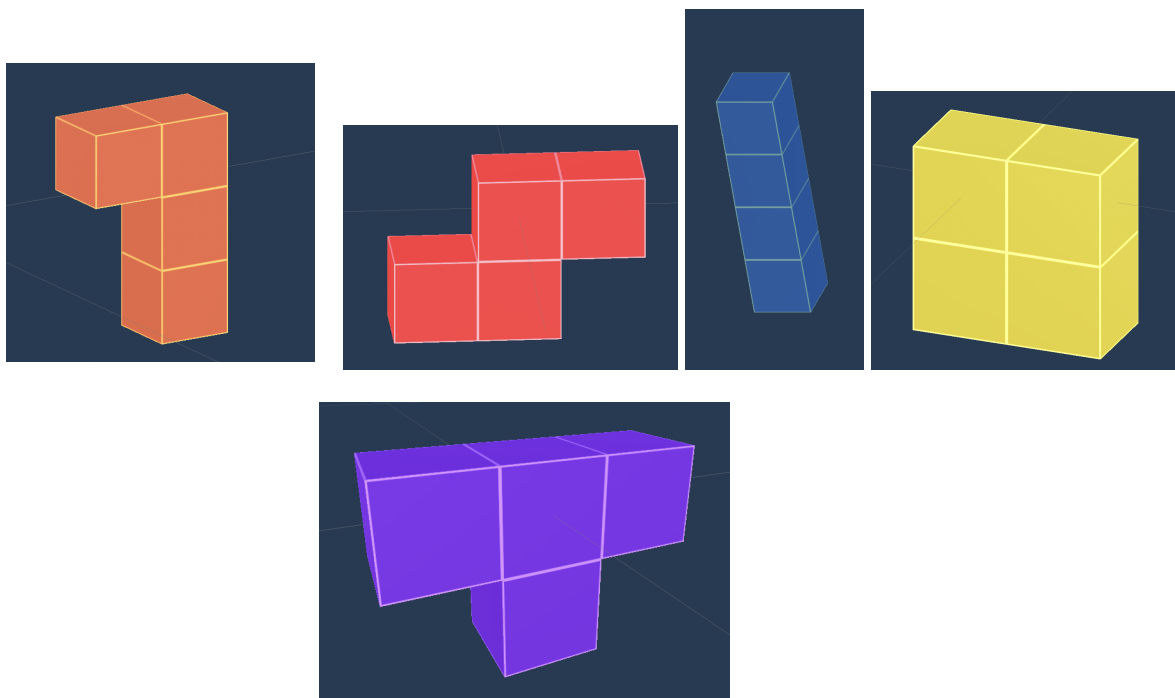
2.5 Фігура для Тетрісу

У всьому ж іншому правила залишилися такими, як в оригінальній версії, окрім того, що потрібно заповнити контейнер вимірами 6:10:6 (такі виміри будуть по замовчуванню при відкритті гри). Вони були обрані шляхом тестування як найбільш зручні для гри.



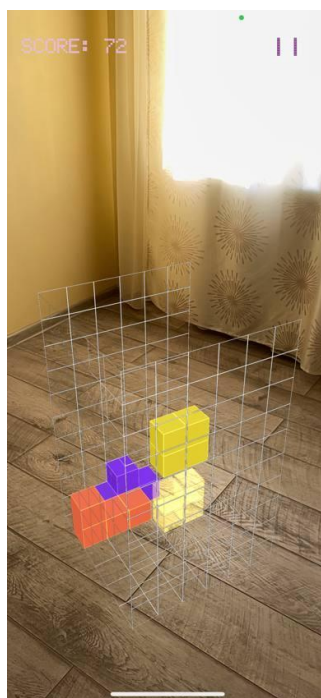
2.6 Поле для гри

Усі фігури були створені за допомогою інструментів Unity.



2.7 - 2.10 Фігури для Тетрісу

Також у грі наявні так звані фігури привиди, які вказують на положення елемента, коли він буде на найнижчому можливому рівні.



2.11 Поле для гри

Як вже було сказано раніше, гравець буквально зможе подивитися на Тетріс з іншої сторони, якщо йому потрібно.

2.6 Розробка керування та опис роботи додатка

З першою проблемою, пов'язаною із використанням AR, було питання керування. Спочатку визначаємо скільки можливих дій є.

а) Переміщення у просторі у чотирьох напрямках: Вперед, Назад, Вправо, Вліво.

б) Поворот фігури по трьох осях, тобто всього 6 обертів.

в) Прискорення фігури.

Яке воно повинно бути, щоб користувачу було зручно?

Є декілька варіантів:

а) керування за допомогою кнопок на екрані

б) керування за допомогою кнопок, що знаходяться у реальному світі, як 3D-моделі на поверхні, або біля тетраедрів

в) керування жестами на екрані

Оскільки Тетріс дуже швидкісна та динамічна гра, то шукати кнопки на поверхні це погана ідея, бо гравець просто втрачає час.

Кнопки на екрані, через велику кількість, є недоцільними, бо екран буде занадто зайнятим.

Вибір пав на керування жестами, зокрема свайпами та натисками.

Переміщення:

а) натиск одним пальцем – Уперед;

б) натиск двома – Назад;

в) свайп уліво та управо – Вліво та Вправо відповідно.

Повороти по осях:

а) свайп двома пальцями уліво та управо – поворот фігури по осі Y;

б) свайп двома пальцями униз, угору – поворот фігури по осі Z;

в) свайп двома пальцями по діагоналі вгору та вниз – поворот фігури по осі Z.

Додаткові команди:

а) свайп угору одним пальцем зарезервований для змахування фігури у тимчасовий блок, для того, щоб почала летіти наступна фігура;

б) свайп униз – прискорення фігури.

Але у процесі розробки я стикнулась із такою проблемою, що усі рухи фігур відбуваються відносно куту зору, при яких Тетріс з'явився на екрані. Тобто, якщо людина хоче подивитися на гру ззаду, то рухи вліво та вправо будуть дзеркальними.

Для того, щоб розв'язати проблему, спочатку, була ідея при натиску на екран зробити трасування променя, для того, щоб дізнатися, яка сторона контейнера була перед користувачем. Але це призводить до зайвих обчислень

Найкращим рішенням стало те, що можна увімкнути компас на час роботи додатка та зафіксувати початкове значення. А 360° компасу поділити на чотири рівні інтервали, переходячи до яких буде змінюватись керування.

Також для того, щоб зробити гру більш дружньою до гравця та уникнути ситуацій, при яких керування змінюється при невеликому похилу смартфона, зміна керування буде відбуватися тільки якщо різниця між положенням більше деякого значення, приблизно 10° .

Опис роботи додатка

Для того, щоб почати гру, користувачу буде запропоновано встановити контейнер у тому місці, де йому це зручно.

У програмі це реалізовано за допомогою класу AR Raycast Manager, який реалізує знаходження площин за допомогою функції Raycasting.[12]

Тепер трохи про логіку гри.

Для зручності, було створено тривимірний масив класу Transform (Transform[,] Container). Кожен об'єкт у сцені має параметр трансформації (Transform), який використовується для зберігання та керування

положенням, поворотом і масштабом об'єкта. Кожен об'єкт класу Transform може мати потомків (child), що дозволяє ієрархічно змінювати положення, поворот і масштаб. Також підтримуються ітератори, за допомогою яких можна перебрати дочірні елементи.

За допомогою цього масиву виконуються перевірки на те, чи можливий рух фігури у заданому напрямку, тобто чи немає на цих місцях іншої фігури, або виходу за стінки. Також на відміну від малювання фігур, де координати беруться реальні, для всіх перевірок використовуються відносні координати, які переводяться за допомогою таких формул:

```
private float CreateFirstCoordinate(float center, int diff)
{
    return (center - diff * size_cell + size_cell/2);
}
3 references
public Vector3Int ChangeCoordinate(Vector3 vec)
{
    first_cell = new Vector3( CreateFirstCoordinate(transform.position.x, (int)ContainerSizeX/2),
                             CreateFirstCoordinate(transform.position.y, (int)ContainerSizeY/2),
                             CreateFirstCoordinate(transform.position.z, (int)ContainerSizeZ/2));

    return new Vector3Int(Mathf.RoundToInt((vec.x - first_cell.x) / size_cell) ,
                          Mathf.RoundToInt((vec.y - first_cell.y) / size_cell) ,
                          Mathf.RoundToInt((vec.z - first_cell.z) / size_cell ));
}
```

2.12 Функції для трансформації координат

Тобто логіка гри відокремлена від логіки малювання фігур, що дає нам змогу у майбутньому модернізувати ці частини без впливу одну на одну.

Для фігур-привидів правила такі ж самі.

2.8 Тестування додатка

Для тестування роботи та зручності розробки додатку було використано 3 пристрої:

Apple iPhone 13 (2021), Apple iPhone X (2017), Samsung Galaxy A7 (2018). На всіх пристроях використовується стерео камера для вимірювання глибини.

У таблиці нижче можна побачити час від запуску додатка до знаходження горизонтальної площини на всіх пристроях.

Назва моделі	Час знаходження площини (с.)
Apple iPhone 13	≈1.23
Apple iPhone X	≈2.00
Samsung Galaxy A7	≈3.40

1. Таблиця порівняння роботи на різних пристроях

З таблиці ми можемо побачити, що дійсно із покращенням пристрою, час, потрібний для знаходження площин, набагато менший.

2.9 Майбутнє додатку

У майбутньому планується розробити зміну стилів, щоб користувач міг підібрати зручний для його освітлення.

Режим багатокористувацької гри як турнір, де користувачі змагаються один з одним, як це зроблено у версії гри від Nintendo.

Додати змогу збирати один Тетріс двома та більше гравцями разом.

Змога переналаштувати керування.

Зміна розміру поля гри, щоб зібрати статистику, який саме розмір буде найбільш популярним.

ВИСНОВКИ

В ході виконання даної роботи було досліджено технологію AR - за якими принципами вона працює та за допомогою яких технологій. Ми розглянули зв'язок AR із такими новими технологіями, як криптовалюти та нейронні мережі, які так само як і вона стали розвиватися лише нещодавно. Усе це дає розуміння, що саме через розвиток технологій та збільшення потужностей AR пристроїв, зокрема смартфонів, AR зараз набуває своєї актуальності.

Також було проаналізовано майбутні плани на технологію від всесвітньовідомих компаній, які показують, що вона буде все більше розвиватися, тож вивчення наразі може бути дуже корисним у майбутньому.

Було розроблено мобільний додаток-гру Тетріс у 3D з використанням AR-технології за допомогою рушія Unity. Додаток підтримується на платформах Android та iOS.

На основі розробленого додатка "Tetris AR" ми побачили, як з усім знайомої гри можна зробити щось нове імплементуючи нові технології. А саме, Тетріс у 3D просторі за допомогою AR має набагато зручніше керування, ніж його аналоги без AR. Також можна зазначити, що така версія робить гру дуже корисною для здоров'я людини, бо вона спонукає гравця рухатися.

У майбутньому у додатку плануються декілька нових режимів гри та можливість більшої персоналізації додатку, такої як налаштування стилів та керування, а також викладення додатку для загального доступу у Google Play та App Store.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Azuma, Ronald. "A Survey of Augmented Reality" – 1997 – Presence: Teleoperators and Virtual Environments. MIT Press. 6 (4): 355–385.
2. 1965 - Ivan Sutherland, Father of AR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://atomicdigital.design/blog/1965-ivan-sutherland-father-of-ar>
3. What Is SLAM? 3 things you need to know [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mathworks.com/discovery/slam.html>
4. Augmented Reality (AR) Sandbox [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.usgs.gov/youth-and-education-in-science/augmented-reality-ar-sandbox#:~:text=An%20augmented%20reality%20\(AR\)%20sandbox,%2C%20natural%20hazards%2C%20and%20more](https://www.usgs.gov/youth-and-education-in-science/augmented-reality-ar-sandbox#:~:text=An%20augmented%20reality%20(AR)%20sandbox,%2C%20natural%20hazards%2C%20and%20more)
5. DEPTH CAMERAS FOR MOBILE AR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@DAQRI/depth-cameras-for-mobile-ar-from-iphones-to-wearables-and-beyond-ea29758ec280>
6. Beginner's guide to depth (Updated) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.intelrealsense.com/beginners-guide-to-depth/>
7. R. Azuma, Y. Balliot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, B. MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality" – 2001 – Computers & Graphics.
8. What future for augmented reality? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bbc.com/news/av/technology-41419109>
9. About Tetris AR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://tetris.com/about-us>
10. Unity vs. Unreal: What to Choose for Your Project? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://medium.com/@N_iX/unity-vs-unreal-how-to-choose-the-best-game-engine-d3dbb4add73c

11. Документація Unity About AR Foundation [Електронний ресурс] –
Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.foundation@4.2/manual/index.html>
12. Документація Unity AR Raycast Manager [Електронний ресурс] –
Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.foundation@4.2/manual/raycast-manager.html?q=AR%20Raycast%20Manager>